中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）40(4)：459～471（1991）

玉米銹病發生與氣象因子之關係[1]

蔡　武　雄[2]

摘要：玉米銹病病勢進展多呈開口向下之二次方曲線，但發病較嚴重時則呈一次方直線。分析銹病和氣象因子之單相關時顯示春作玉米南方型銹病發病前7天之溫度24.1～28.0°C及28.1～32.0°C相關最大，秋作玉米則和8-14天前之溫度20.1～24.0°C，24.1～28.0°C及28.1～32.0°C之相關最大。分析病斑面積率增加和氣象因子之關係得到8個方程式，侵染速率和氣象因子之關係得到11個方程式。這些方程式均得自民國79年嘉義地區秋作玉米，經以不同年代、不同地點之氣象代入方程式得到預測值，預測值與實測值比較甚爲接近，可供爲預測病斑面積率及侵染速率之用。

關鍵詞：玉米銹病、病勢進展、病斑面積率、侵染速率

本省目前有普通型（由*Puccinia sorghi* 引起）及南方型（由 *P. polysora* 引起）兩種玉米銹病（Rust）。由於玉米在本省栽培時間已久，所以普通型銹病可能早已存在，然而南方型銹病直到1976年才有報告(1,11)。以前玉米大多在秋季裡作種植，比較適合普通型之發生，但目前全年均有栽培，氣溫稍高時南方型就會發生，所以南方型是目前飼料玉米最重要的葉部病害，甜玉米則兩種銹病均會發生(3)。

在玉米銹病之發生與氣象關係之研究，Hollier(12)報告露水對南方型非常重要，沒有露水時銹病不發生，但露水需配合溫度，在溫度8、12、36及40°C時，不管露水時間多長，均不感染。在26°C下有16小時露水時間最適宜感染，此時夏胞子堆之數目爲12小時露水時間的2倍。在16°C時露水時間至少需12小時，在18°C時露水至少需4小時才能感染。在普通型方面，Headrick(8)等利用 Florida staysweet （感病品系），來試驗噴霧時間對病害感染的影響，在12小時（開30分鐘，關30分鐘交替）噴霧時最適感染，6小時噴霧感染最少，但夏胞子發芽率在12小時及6小時噴霧則無區別，此表示6小時噴霧已足夠夏胞子發芽，但不完全形成侵入的構造。夜間溫度對控制夏胞子形成甚爲重要，尤其在臨界溫度8及32°C最重要。白天溫度8°C時則延長潛伏期約二天，32°C夏胞子形成甚少。

由於玉米銹病菌之生物學及抗病檢定在本省已有報告(2,3)，但有關病害發生與氣象因子之關係則尙未見諸報告，現僅就目前研究所得有關資料寫成報告，藉供參考。

材料與方法

一、設立病圃

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1600 號。本研究承行政院國家科學委員會專題研究（NSC79-0409-B055-08 及 NSC80-0409-B055-07）經費補助，杜所長金池博士提供寶貴意見，蔡志濃先生協助資料分析，謹誌謝忱。

2. 本所植病系研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

民國七十八年春作在本所試驗田、嘉義分所試驗田及嘉義縣六腳鄉設立病圃，種植甜玉米哈蜜236、M2及臺南15號。同年秋作在本所試驗田種植飼料玉米臺南5號及臺農351號，甜玉米M2及哈蜜236，青割玉米H7及H41。在嘉義分所試驗田及嘉義縣六腳鄉種植哈蜜236、M2及臺南15號。七十九年春作及秋作在本所試驗田種植飼料玉米臺南5號及臺農351號，甜玉米M2及哈蜜236，青割玉米臺農1號及 H41。八十年春作在本所種植飼料玉米臺南5號及臺南17號，甜玉米M2及哈蜜236，青割玉米臺農1號及H41。種植行距80公分，株距25公分，每小區面積36平方公尺，每品種4重複，採逢機完全區集設計。同時在試驗田中央設置自記溫濕度及雨量計等氣象儀器，以記載氣象資料。另外，爲瞭解一般農民玉米田銹病發生情形，在七十九年秋作及八十年春作在主要玉米產地嘉義縣義竹鄉、朴子鎮、六腳鄉及太保市各選三塊田調查，每塊田至少距離100公尺以上。義竹鄉之品種爲臺南17號，朴子鎮和六腳鄉爲臺農1號，太保市爲哈蜜236。

二、病害調查

病圃銹病開始發生時，每小區固定調查10株，依 Peterson scale[14] 調查葉片病斑面積率。在一般農民玉米田調查時，則將玉米田區分爲四小區，每小區依對角線間隔調查至少40株。每週調查一次，直到成熟收穫爲止。

三、分析被害葉片病斑面積率和發病日數之關係

爲瞭解病勢進展，將不同年代、不同期作、不同地點之玉米品種之銹病病斑面積率（X）依 $\mathrm{Ln}\ X/(1-X)$ 轉換得 Y 值[13]，再和發病日期（D）做迴歸分析得 Y 對 D 之相關式[8]，依 t 測驗決定 D 二次方之迴歸係數（Regression coefficient）是否存在，求得 Y 對 D 迴歸方程式之係數 R^2（Determination coefficient），依 F 測驗其是否達 5 %顯著水準。

四、病斑面積率增加及侵染速率和氣象因子之關係

分析不同年代，不同地點之玉米發病期前7天之氣象因子和病斑面積率增加（Y_2-Y_1，Y_2 及 Y_1 爲前後兩次病斑面積率）及侵染速率[16,18]（R, $R=1\times[\mathrm{Ln}(Y_1/1-Y_2)-\mathrm{Ln}(Y_1/1-Y_1)]/(t_2-t_1)$，$t_2$ 及 t_1 爲日數，Y_1 及 Y_2爲病斑面積率）之關係。氣象因子分爲最高溫、最低溫、平均溫、平均最低溫、平均最高溫、最高相對濕度、最低相對濕度、平均相對濕度、平均最高及最低相對濕度、氣溫16.1～20.0°C、20.1～24.0°C、24.1～28.0°C及28.1～32.0°C之累積小時數，以病斑面積率增加及侵染速率爲因變數，以調查前 7 天之氣象因子（溫度、濕度及溫度累積小時數，每3個爲一組）做爲自變數，利用複迴歸分析，建立迴歸方程式。

五、葉片病斑面積率增加及侵染速率方程式之驗證

將所得到之方程式，以不同年代、不同地點及不同玉米品種發病高峰期之7天前之氣象因子代入方程式所得到之預測值，與實測值比較，驗證其實用性。

結　果

一、不同年代、不同期作、不同地點銹病發生情形

從民國78年到80年在不同地點之五期作中（表一），以民國78年春作及秋作在嘉義分所及嘉義六腳鄉，以及民國79年秋作在六腳鄉臺農1號及義竹鄉、朴子鎮、太保市等地發病較爲嚴重，其他年代及地點之銹病則發生較輕微。

表一、民國78、79及80年不同地點玉米南方型銹病（*Puccinia polysora*）之最高病斑面積率（%）

Table 1. The highest percentage of infected leaf area of southern rust on different cultivars of corn at various locations during 1989、1990 and 1991.

地　點 Location	玉米品種 Cultivar	最高病斑面積率 Highest percentage of infected leaf area 78年（1989） 春作 Spring crop	78年（1989） 秋作 Fall crop	79年（1990） 春作 Spring crop	79年（1990） 秋作 Fall crop	80年（1991） 春作 Spring crop
臺中本所	哈蜜 236	18.53	0.43	0	0	21.33
	M2	2.60	0.11	0.95	0	0.26
	臺南15號	5.24	0.20	—	—	—
	臺農 351	—[a]	0.40	0.10	0	—
	臺南 5 號	—	0.48	0.56	0	—
	臺農 1 號	—	—	0.32	0	—
	臺南17號	—	—	—	—	0.71
	H41	—	0.25	0.45	0	0.53
	H7	—	0.55	—	—	—
嘉義分所	哈蜜236	10.43	10.00	—	—	—
	M2	33.80	25.83	—	—	—
	臺南15號	21.70	4.00	—	—	—
嘉義六脚鄉	哈蜜236	9.80	15.00	—	—	—
	M2	18.90	19.50	—	—	—
	臺南15號	11.80	8.10	—	—	—
	臺農 1 號	—	—	—	64.50	5.85
義竹鄉	臺南17號	—	—	—[a]	56.70	6.25
朴子鎮	臺農 1 號	—	—	—	40.90	2.80
太保市	哈蜜 236	—	—	—	32.50	7.50

a. —表無調查資料。

a. —no data.

二、病勢進展

民國78年春作，除臺中本所臺南15號和嘉義分所的哈蜜236與臺南15號外，各玉米品種於各地區均可得到迴歸方程式（表二）。嘉義分所玉米 M2銹病較爲嚴重，和發病日期呈一次方直線迴歸，且於植株成熟期發病達高峰，其他地區各品種銹病之病勢則呈開口向下之二次方曲線。秋作玉米臺中本所亦得到二次方曲線的病勢進展，其他地區呈一次方直線迴歸。民國七十九年春作，發病輕微，秋作臺中本所不發病，但義竹鄉、朴子鎮、六脚鄉及太保市發病較嚴重，病勢進展呈一次方直線關係，至成熟期達最高峰。

表二、民國78及79年玉米不同地點各品種之南方型銹病病勢進展之迴歸方程式

Table 2. Regression equations of southern rust disease development on different cultivars of corn at various locations during 1989 and1990.

地　點 Location	玉米品種 Cultivar	迴歸方程式 Regression equation	決定係數 R^2 Determination coefficient
78年春作（Spring crop，1989）			
臺中本所	哈蜜236	$Y^a=-3.7603+0.3711D-0.0132D^2$	0.8116*[b]
	M2	$Y=-7.5647+0.5173D-0.0158D^2$	0.8491*
	臺南15號	$Y=-8.2757-0.1289D+0.0053D^2$	0.5958
嘉義分所	哈蜜236	$Y=-7.8664+0.5667D-0.0138D^2$	0.6285
	M2	$Y=-3.9855+0.0957D$	0.7318*
	臺南15號	$Y=-5.7189+0.1249D$	0.5035
嘉義六脚鄉	哈蜜236	$Y=-6.5849+0.3521D-0.0071D^2$	0.6514*
	M2	$Y=-8.5769+0.3866D-0.0053D^2$	0.8800*
	臺南15號	$Y=-9.0519+0.4349D-0.0071D^2$	0.8366*
78年秋作（Fall crop，1989）			
臺中本所	臺南5號	$Y=-9.0231+0.2549D-0.0046D^2$	0.4848**
	臺農351	$Y=-9.9520+0.3067D-0.0058D^2$	0.5172**
	M2	$Y=-10.1824+0.2761D-0.0056D^2$	0.5448**
	哈蜜236	$Y=-10.2543+0.3832D-0.0080D^2$	0.6183**
	H7	$Y=-7.1669+0.1164D-0.0025D^2$	0.3765**
	H41	$Y=-11.1238+0.4099D-0.0080D^2$	0.6117**
嘉義分所	哈蜜236	$Y=-5.2457+0.1062D$	0.6758*
	M2	$Y=-3.8165+0.0927D$	0.9316**
	臺南15號	$Y=-5.1611+0.1211D$	0.9089**
嘉義六脚鄉	哈蜜236	$Y=-4.8358+0.0839D$	0.5451
	M2	$Y=-7.6735+0.1969D$	0.8242*
	臺南15號	$Y=-7.1443+0.1591D$	0.8238*
79年秋作（Fall crop，1990）			
嘉義義竹鄉	臺南17號	$Y=-4.94307+0.08297D$	0.9527**
嘉義朴子鎭	臺農1號	$Y=-4.10074+0.08119D$	0.8709**
嘉義六脚鄉	臺農1號	$Y=-4.91076+0.06425D$	0.9334**
嘉義太保市	哈蜜236	$Y=-6.16611+0.10763D$	0.9784**

a. 以 Ln X/(1－X) 轉換之感染病斑面積率，D爲發病後日數。
b. **極顯著，* 顯著。
a. Infected leaf area percentage transformed by Ln X/(1－X), D=days after disease occurrence.
b. **Significant at 1% level,* Significant at 5% level.

三、發病和氣象因子之關係

分析銹病和氣象因子之單相關，顯示春作玉米南方型銹病和發病前7天內溫度24.1～28.0°C及28.1～32.0°C相關較大（表三），秋作玉米南方型銹病和發病前8—14天之溫度20.1～24.0°C、24.1～28.0°C及28.1～32.0°C相關較大，其中仍以24.1～28.0°C相關最大（表四）。經複相關迴歸分析銹病病斑面積率增加及侵染速率與氣象因子之關係，得到許多迴歸方程式，再由其中挑選決定係數高且達顯著水準者（表五、六）。由表五知4個方程式得自六脚鄉玉米臺農1號，另4個方程式得自義竹鄉玉米臺南17號，由表六知六脚鄉臺農1號可得7個方程式，而由義竹鄉臺南17號可得4個方程式。以上這些方程式均得自民國79年嘉義地區秋作玉米。

表三、臺中本所78年春作各玉米品種之南方型銹病病斑面積率增加[a]和前7天溫度之相關係數

Table 3. Correlation coefficient of increasing infected leaf area percentage of southern rust and 7 days' temperature ahead.

溫度 Temperature	品種 Cultivar		
	哈蜜 236	M2	臺南 15 號
16.1～20.0°C	−0.2047	−0.3959*	−0.2250
20.1～24.0°C	−0.3733	−0.4782*	−0.2767
24.1～28.0°C	0.7462**[b]	0.5120**	0.7666**
28.1～32.0°C	0.4117*	0.7153**	0.4282*

a. 病斑面積率增加＝每星期病害增加之百分率。
b. * 顯著，**極顯著。
a. Increasing Infected leaf area percentage＝percentage of disease increase every week.
b. * Significant at 5% level, ** Significant at 1% level.

表四、臺中本所78年秋作各玉米品種之南方型銹病病斑面積率增加[a]和前8～14天溫度之相關係數

Table 4. Correlation coefficient of increasing infected leaf area percentage of southern rust and 8-14 days' temperature ahead.

溫度 Temperature	品種 Cultivar					
	TN 5[b]	TR 351	M2	Honey 236	H7	H41
16.1～20.0°C	−0.0853	−0.0842	0.3651	−0.1352	−0.0322	0.0263
20.1～24.0°C	0.6002**[c]	0.4358*	0.2892	0.3222	0.1738	0.6111**
24.1～28.0°C	0.6368**	0.4199*	0.5837**	0.4391*	0.6058**	0.6077**
28.1～32.0°C	0.5111**	0.4211*	0.4173*	0.3075	0.3465	0.4402*

a. 病斑面積率增加＝每星期病害增加之百分率。
b. TN5（臺南5號）及TR351（臺農351）爲飼料玉米，M2及Honey 236爲甜玉米，H7及H41爲青割玉米。
c. * 顯著，**極顯著。
a. Increasing infected leaf area percentage＝percentage of disease increase every week.
b. TN5 (Tainan5) and TR351 (Tainung351) are feed corn, M2 and Honey236 are sweet corn, H7 and H41 are forage corn.
c. * Significant at 5% level, ** Significant at 1% level.

表五、民國79年嘉義地區秋作玉米南方型銹病病斑面積率增加與氣象因子之關係

Table 5. The Correlation of increasing infected leaf area percentage of southern rust disease on corn and meteorological factors during fall crop,1990 at Chia-yi area.

代號 No	迴歸方程式 Regression equation	決定係數 R^2 Determination coefficient
	品種：臺農1號　地點：六脚鄉	
1.	$Y^a=10.3981-0.0859X_2+0.5336X_3-0.2764X_4$	0.8545**[b]
2.	$Y=8.1772-0.0817X_2+0.4230X_3-0.1923X_5$	0.8078*
3.	$Y=0.5633-0.1011X_1+0.6947X_3-0.1522X_4$	0.8285*
4.	$Y=-1.3073-0.1027X_1+0.6624X_3-0.1047X_5$	0.8120*
	品種：臺南17號　地點：義竹鄉	
5.	$Y=24.1086-0.2099X_2+0.7254X_3-0.4301X_4$	0.9485**
6.	$Y=19.9031-0.2022X_2+0.5527X_3-0.2901X_5$	0.8946**
7.	$Y=5.6786-0.2181X_1+0.9071X_3-0.1526X_4$	0.8277*
8.	$Y=2.0349-0.2245X_1+0.9173X_3-0.0930X_5$	0.8150*

a. Y爲病斑面積率增加，X_1爲20.1～24.0°C累積小時數，X_2爲24.1～28.0°C累積小時數，X_3爲平均最高溫，X_4爲平均相對濕度，X_5爲平均最高濕度。

b. * 顯著，**極顯著。

a. Y=Increasing infected leaf area percentage, X_1=Accumulative hours 20.1～24.0°C，X_2=Accumulative hours 24.1～28.0°C，X_3=Ave. highest temp. X_4=Ave.RH. X_5=Ave. highest RH.

b. * Significant at 5% level, ** Significant at 1% level.

表六、民國79年嘉義地區秋作玉米南方型銹病侵染速率與氣象因子之關係

Table 6. The correlation of infection rate of southern rust disease on corn and meteorological factors during fall crop,1990 at Chia-yi area.

代號 No	迴歸方程式 Regression equation	決定係數 R^2 Determination coefficient
	品種：臺農1號　地區：六脚鄉	
1.	$R^a=-1.8281-0.0421X_2+0.4130X_5-0.0907X_{10}$	0.8810**[b]
2.	$R=-0.2291-0.0352X_2+0.2428X_8-0.0492X_{10}$	0.8993**
3.	$R=-1.1703-0.0366X_2+0.2405X_8-0.0315X_{11}$	0.8629*
4.	$R=-1.2839-0.0369X_2+0.2797X_8-0.0491X_{12}$	0.9107**
5.	$R=4.5268-0.0469X_4+0.1820X_6-0.0853X_{10}$	0.8591*
6.	$R=3.7176-0.0522X_4+0.2182X_6-0.0902X_{12}$	0.8662*
7.	$R=3.7086-0.0254X_3+0.1564X_8-0.0908X_{10}$	0.8429*
	品種：臺南17號　地區：義竹鄉	
8.	$R=3.0481-0.0349X_4+0.1271X_6-0.0569X_{10}$	0.8050*
9.	$R=1.8326-0.0371X_4+0.1269X_6-0.0367X_{11}$	0.7590*
10.	$R=1.8653-0.0338X_4+0.1115X_7-0.0513X_{10}$	0.7714*
11.	$R=3.0801-0.0343X_4+0.0914X_9-0.0588X_{10}$	0.7419*

a. R 爲侵染速率$R=1x〔Ln(y_2/1-y_2)-Ln(y_1/1-y_1)〕/(t_2-t_1)$，$t_1$，$t_2$爲時間，$y_1$，$y_2$爲先後兩次病斑面積率，$X_2$爲20.1～24.0°C累積小時數，$X_3$爲24.1～28.0°C累積小時數，$X_4$爲28.1～32.0°C累積小時數，$X_5$爲最高溫，$X_6$爲最低溫，$X_7$爲平均溫，$X_8$爲平均最高溫，$X_9$爲平均最低溫，$X_{10}$爲平均相對濕度，$X_{11}$爲平均最高濕度，$X_{12}$爲平均最低濕度。

b. * 顯著，**極顯著。

a. R=Infection rate $=1x〔Ln(y_2/1-y_2)-Ln(y_1/1-y_1)〕/(t_2-t_1)$，$t_1$，$t_2$=Time，$y_1$，$y_2$=Infected leaf area percentage, X_2=Accumulative hours 20.1～24.0°C，X_3=Accumulative hours 24.1～28.0°C，X_4=Accumulative hours 28.1～32.0°C X_5=Highest temp.，X_6=Lowest temp.，X_7=Ave temp.，X_8=Ave. highest temp.，X_9=Ave. lowest temp.，X_{10}=Ave. RH，X_{11}=Ave. highest RH，X_{12}=Ave. lowest RH.

b. * Significant at 5% level, ** Significant at 1% level.

四、葉片病斑面積率增加之方程式驗證

將表五所得之方程式，以不同年代、不同地點及不同玉米品種發病高峰期之7天前之氣象因子代入方程式所得之預測值與實測之葉片病斑面積率增加比較，其結果如表七、八及九。由表七知預測方程式1、2、5及6預測值與實測值相近。方程式3、4、7及8爲預測發病較重的方程式，在發病較輕微預測不準。由表八知所有8個方程式預測值實測值均甚接近。由表九知，除了方程式7及8外，其餘預測值與實測值均相近。因爲7及8爲預測發病輕微時不準。

表七、葉片病斑面積率增加之預測值與民國78年六脚鄉春作實測值比較

Table 7. Comparison of predicted and observed values on increasing infected leaf area percentage of southern rust on corn during spring crop，1989 at Liu-chao.

代號 No	預測方程式 Predicted equation	預測值 Predicted value	實測值[c] Observed value
1.	$Y^a=10.3981-0.0859X_2+0.5336X_3-0.2764X_4$ ($R^2=0.8545^{**b}$)	1.21	1.45
2.	$Y=8.1772-0.0817X_2+0.4230X_3-0.1923X_5$ ($R^2=0.8078^*$)	2.36	1.45
3.	$Y=0.5633-0.1011X_1+0.6947X_3-0.1522X_4$ ($R^2=0.8285^*$)	9.58	1.45
4.	$Y=-1.3073-0.1027X_1+0.6624X_3-0.1047X_5$ ($R^2=0.8120^*$)	9.10	1.45
5.	$Y=24.1086-0.2099X_2+0.7254X_3-0.4301X_4$ ($R^2=0.9485^{**}$)	7.07	4.50
6.	$Y=19.9031-0.2022X_2+0.5527X_3-0.2901X_5$ ($R^2=0.8946^{**}$)	5.70	4.50
7.	$Y=5.6786-0.2181X_1+0.9071X_3-0.1526X_4$ ($R^2=0.8277^*$)	19.54	4.50
8.	$Y=2.0349-0.2245X_1+0.9173X_3-0.0930X_5$ ($R^2=0.8150^*$)	19.66	4.50

a. Y爲病斑面積率增加，X_1爲20.1～24.0°C累積小時數，X_2爲24.1～28.0°C累積小時數，X_3爲平均最高溫，X_4爲平均相對濕度，X_5爲平均最高濕度。
b. * 顯著，**極顯著。
c. 實測值爲 M2玉米。
a. Y=Increasing infected leaf area percentage, X_1=Accumulative hours 20.1～24.0°C，X_2=Accumulative hours 24.1～28.0°C，X_3=Ave. highest temp. X_4=Ave.RH. X_5=Ave. highest RH.
b. * Significant at 5% level, ** Significant at 1% level.
c. Observed value from cultivar M2.

表八、葉片病斑面積率增加之預測值與民國79年嘉義地區秋作實測值比較

Table 8. Comparison of predicted and observed values on increasing infected leaf area percentage of southern rust on corn during fall crop，1990 at Chia-yi area.

代號 No	預測方程式 Predicted equation	預測值 Predicted value	實測值[d] Observed value			
			義竹 I-tzu	六脚 Liu-chao	朴子 Pou-tzu	太保 Thai-pao
1.	$Y^a=10.3981-0.0859X_2+0.5336X_3-0.2764X_4$ ($R^2=0.8545^{**b}$)	1.50	—c	2.30	1.80	2.75
2.	$Y=8.1772-0.0817X_2+0.4230X_3-0.1923X_5$ ($R2=0.8078^*$)	1.75	—	2.30	1.80	2.75
3.	$Y=0.5633-0.1011X_1+0.6947X_3-0.1522X_4$ ($R^2=0.8285^*$)	2.03	—	2.30	1.80	2.75
4.	$Y=-1.3073-0.1027X_1+0.6624X_3-0.1047X_5$ ($R^2=0.8120^*$)	2.19	—	2.30	1.80	2.75
5.	$Y=24.1086-0.2099X_2+0.7254X_3-0.4301X_4$ ($R^2=0.9485^{**}$)	5.82	6.30	—	—	—
6.	$Y=19.9031-0.2022X_2+0.5527X_3-0.2901X_5$ ($R^2=0.8946^{**}$)	6.18	6.30	—	—	—
7.	$Y=5.6786-0.2181X_1+0.9071X_3-0.1526X_4$ ($R^2=0.8277^*$)	6.91	6.30	—	—	—
8.	$Y=2.0349-0.2245X_1+0.9173X_3-0.0930X_5$ ($R^2=0.8150^*$)	7.07	6.30	—	—	—

a. Y爲病斑面積率增加，X_1爲20.1～24.0°C累積小時數，X_2爲24.1～28.0°C累積小時數，X_3爲平均最高溫，X_4爲平均相對濕度，X_5爲平均最高濕度。
b. * 顯著，**極顯著。
c. 無調查資料。
d. 實測值義竹爲臺南17號，六脚鄉爲臺農1號，朴子爲臺農1號，太保爲哈蜜236。
a. Y=Increasing infected leaf area percentage, X_1=Accumulative hours 20.1～24.0°C，X_2=Accumulative hours 24.1～28.0°C，X_3=Ave. highest temp. X_4=Ave.RH. X_5=Ave. highest RH.
b. * Significant at 5% level, ** Significant at 1% level.
c. no data.
d. Observed value of I-tzu is Tainan 17, Liu-chao is Tainung 1, Pou-tzu is Tainung 1, Thai-pao is Honey 236.

表九、葉片病斑面積率增加之預測值與民國80年臺中春作實測值比較

Table 9. Comparison of predicted and observed values on increasing infected leaf area percentage of southern rust on corn during spring crop, 1991 at Taichung.

代號 No	預測方程式 Predicted equation	預測值 Predicted value	實測值 Observed value 品種 Cultivar					
			TN17	TN5	TNG1	H41	Honey 236	M2
1.	$Y^a=10.3981-0.0859X_2+0.5336X_3-0.2764X_4$ ($R^2=0.8545^{**}$b)	1.20	0	0.40	0.15	0.02	2.47	0.01
2.	$Y=8.1772-0.0817X_2+0.4230X_3-0.1923X_5$ ($R^2=0.8078^*$)	0.36	0	0.40	0.15	0.02	2.47	0.01
3.	$Y=0.5633-0.1011X_1+0.6947X_3-0.1522X_4$ ($R^2=0.8285^*$)	1.81	0	0.40	0.15	0.02	2.47	0.01
4.	$Y=-1.3073-0.1027X_1+0.6624X_3-0.1047X_5$ ($R^2=0.8120^*$)	2.31	0	0.40	0.15	0.02	2.47	0.01
5.	$Y=24.1086-0.2099X_2+0.7254X_3-0.4301X_4$ ($R^2=0.9485^{**}$)	0.22	0	0.40	0.15	0.02	2.47	0.01
6.	$Y=19.9031-0.2022X_2+0.5527X_3-0.2901X_5$ ($R^2=0.8946^{**}$)	0.22	0	0.40	0.15	0.02	2.47	0.01
7.	$Y=5.6786-0.2181X_1+0.9071X_3-0.1526X_4$ ($R^2=0.8277^*$)	6.45	0	0.40	0.15	0.02	2.47	0.01
8.	$Y=2.0349-0.2245X_1+0.9173X_3-0.0930X_5$ ($R^2=0.8150^*$)	7.10	0	0.40	0.15	0.02	2.47	0.01

a. Y爲病斑面積率增加，X_1爲20.1～24.0°C累積小時數，X_2爲24.1～28.0°C累積小時數，X_3爲平均最高溫，X_4爲平均相對濕度，X_5爲平均最高濕度。
b. * 顯著，**極顯著。
a. Y=Increasing infected leaf area percentage, X_1=Accumulative hours 20.1～24.0°C，X_2=Accumulative hours 24.1～28.0°C，X_3=Ave. highest temp. X_4=Ave.RH. X_5=Ave. highest RH.
b. * Significant at 5% level, Significant at 1% level.

五、侵染速率方程式之驗證

將表六所得之方程式，以不同年代，不同地點及不同玉米品種發病高峰期之7天前之氣象因子代入方程式所得之預測值與實測之侵染速率比較，其結果如表十、十一及十二。由表十知方程式5、7、8、9、10及11預測值與實測相近。由表十一知除方程式5及6外，其餘預測值與實測值均接近。由表十二知除方程式1外，其餘預測值與實測值甚接近。

表十、銹病侵染速率之預測值與民國78年六腳鄉春作實測值比較

Table 10. Comparison of predicted and observed values on infection rate of southern rust on corn during spring crop,1989 at Liu-chao.

代號 No	預測方程式 Predicted equation	預測值 Predicted value	實測值[c] Observed value
1.	$R^{a}=-1.8281-0.0421X_2+0.4130X_5-0.0907X_{10}$ ($R^2=0.8810^{**b}$)	5.00	0.43
2.	$R=-0.2291-0.0352X_2+0.2428X_8-0.0492X_{10}$ ($R^2=0.8993^{**}$)	3.37	0.43
3.	$R=-1.1703-0.0366X_2+0.2405X_8-0.0315X_{11}$ ($R^2=0.8629^{*}$)	3.34	0.43
4.	$R=-1.2839-0.0369X_2+0.2797X_8-0.0491X_{12}$ ($R^2=0.9107^{**}$)	4.31	0.43
5.	$R=4.5268-0.0469X_4+0.1820X_6-0.0853X_{10}$ ($R^2=0.8591$)	0.32	0.43
6.	$R=3.7176-0.0522X_4+0.2182X_6-0.0902X_{12}$ ($R^2=0.8662^{*}$)	1.23	0.43
7.	$R=3.7086-0.0254X_3+0.1564X_8-0.0908X_{10}$ ($R^2=0.8429^{*}$)	0.47	0.43
8.	$R=3.0481-0.0349X_4+0.1271X_6-0.0569X_{10}$ ($R^2=0.8050^{*}$)	0.24	0.43
9.	$R=1.8326-0.0371X_4+0.1269X_6-0.0367X_{11}$ ($R^2=0.7590^{*}$)	0.08	0.43
10.	$R=1.8653-0.0338X_4+0.1115X_7-0.0513X_{10}$ ($R^2=0.7714^{*}$)	0.17	0.43
11.	$R=3.0801-0.0343X_4+0.0914X_9-0.0588X_{10}$ ($R^2=0.7419^{*}$)	0.47	0.43

a. R 爲侵染速率，X_2爲20.1～24.0°C累積小時數，X_3爲24.1～28.0°C累積小時數，X_4爲28.1～32.0°C累積小時數，X_5爲最高溫，X_6爲最低溫，X_7爲平均溫，X_8爲平均最高溫，X_9爲平均最低溫，X_{10}爲平均相對濕度，X_{11}爲平均最高濕度，X_{12}爲平均最低濕度。

b. * 顯著，**極顯著。

c. 實測值爲 M2玉米。

a. R=Infection rate, X_2=Accumulative hours 20.1～24.0°C，X_3=Accumulative hours 24.1～28.0°C，X_4=Accumulative hours 28.1～32.0°C X_5=Highest temp.，X_6=Lowest temp.，X_7=Ave temp.，X_8=Ave. highest temp.，X_9=Ave. lowest temp.，X_{10}=Ave. RH，X_{11}=Ave. highest RH，X_{12}=Ave. lowest RH.

b. * Significant at 5% level, ** Significant at 1% level.

c. Observed value from cultivar M2.

表十一、銹病侵染速率之預測值與民國78年六腳鄉春作實測值比較

Table 11. Comparison of predicted and observed values on infection rate of southern rust on corn during spring crop,1989 at Liu-chao.

代號 No	預測方程式 Predicted equation	預測值 Predicted value	實測值[d] Observed value			
			義竹 I-tzu	六脚 Liu-chao	朴子 Pou-tzu	太保 Thai-pao
1.	$R^a=-1.8281-0.0421X_2+0.4130X_5-0.0907X_{10}$ ($R^2=0.8810^{**b}$)	0.91	0.69	0.64	0.3	0.73
2.	$R=-0.2291-0.0352X_2+0.2428X_8-0.0492X_{10}$ ($R^2=0.8993^{**}$)	0.58	0.69	0.64	0.3	0.73
3.	$R=-1.1703-0.0366X_2+0.2405X_8-0.0315X_{11}$ ($R^2=0.8629^{*}$)	0.64	0.69	0.64	0.3	0.73
4.	$R=-1.2839-0.0369X_2+0.2797X_8-0.0491X_{12}$ ($R^2=0.9107^{**}$)	0.68	0.69	0.64	0.3	0.73
5.	$R=4.5268-0.0469X_4+0.1820X_6-0.0853X_{10}$ ($R^2=0.8591^{*}$)	1.14	0.69	0.64	0.3	0.73
6.	$R=3.7176-0.0522X_4+0.2182X_6-0.0902X_{12}$ ($R^2=0.8662^{*}$)	1.10	0.69	0.64	0.3	0.73
7.	$R=3.7086-0.0254X_3+0.1564X_8-0.0908X_{10}$ ($R^2=0.8429^{*}$)	0.38	0.69	0.64	0.3	0.73
8.	$R=3.0481-0.0349X_4+0.1271X_6-0.0569X_{10}$ ($R^2=0.8050^{*}$)	0.88	0.69	0.64	0.3	0.73
9.	$R=1.8326-0.0371X_4+0.1269X_6-0.0367X_{11}$ ($R^2=0.7590^{*}$)	0.93	0.69	0.64	0.3	0.73
10.	$R=1.8653-0.0338X_4+0.1115X_7-0.0513X_{10}$ ($R^2=0.7714^{*}$)	0.71	0.69	0.64	0.3	0.73
11.	$R=3.0801-0.0343X_4+0.0914X_9-0.0588X_{10}$ ($R^2=0.7419^{*}$)	0.79	0.69	0.64	0.3	0.73

a. R 爲侵染速率，X_2爲20.1～24.0°C累積小時數，X_3爲24.1～28.0°C累積小時數，X_4爲28.1～32.0°C累積小時數，X_5爲最高溫，X_6爲最低溫，X_7爲平均溫，X_8爲平均最高溫，X_9爲平均最低溫，X_{10}爲平均相對濕度，X_{11}爲平均最高濕度，X_{12}爲平均最低濕度。

b. * 顯著，**極顯著。

c. 實測值義竹爲臺南17號，六脚鄉爲臺農1號，朴子爲臺農1號，太保爲哈蜜236。

a. R=Infection rate, X_2=Accumulative hours 20.1～24.0°C，X_3=Accumulative hours 24.1～28.0°C，X_4=Accumulative hours 28.1～32.0°C X_5=Highest temp.，X_6=Lowest temp.，X_7=Ave temp.，X_8=Ave. highest temp.，X_9=Ave. lowest temp.，X_{10}=Ave. RH，X_{11}=Ave. highest RH，X_{12}=Ave. lowest RH.

b. * Significant at 5% level, ** Significant at 1% level.

c. Observed value of I-tzu is Tainan 17, Liu-chao is Tainung 1, Pou-tzu is Tainung 1, Thai-pao is Honey 236.

表十二、銹病侵染速率之預測值與民國80年臺中春作實測值比較

Table 12. Comparison of predicted and observed values on infection rate of southern rust on corn during spring crop,1991 at Taichung.

代號 No	預測方程式 Predicted equation	預測值 Predicted value	實測值 Observed value					
			品種 Cultivar					
			TN17	TN5	TNG1	H41	Honey 236	M2
1.	$R^a=-1.8281-0.0421X_2+0.4130X_5-0.0907X_{10}$ ($R^2=0.8810^{**b}$)	2.37	0.20	0.33	0.07	0.1	0.32	0.12
2.	$R=-0.2291-0.0352X_2+0.2428X_8-0.0492X_{10}$ ($R^2=0.8993^{**}$)	0.76	0.20	0.33	0.07	0.1	0.32	0.12
3.	$R=-1.1703-0.0366X_2+0.2405X_8-0.0315X_{11}$ ($R^2=0.8629^*$)	0.73	0.20	0.33	0.07	0.13	0.32	0.12
4.	$R=-1.2839-0.0369X_2+0.2797X_8-0.0491X_{12}$ ($R^2=0.9107^{**}$)	0.59	0.20	0.33	0.07	0.13	0.32	0.12
5.	$R=4.5268-0.0469X_4+0.1820X_6-0.0853X_{10}$ ($R^2=0.8591^*$)	0.51	0.20	0.33	0.07	0.13	0.32	0.12
6.	$R=3.7176-0.0522X_4+0.2182X_6-0.0902X_{12}$ ($R^2=0.8662^*$)	0.90	0.20	0.33	0.07	0.13	0.32	0.12
7.	$R=3.7086-0.0254X_3+0.1564X_8-0.0908X_{10}$ (R2=0.8429*)	0.49	0.20	0.33	0.07	0.13	0.32	0.12
8.	$R=3.0481-0.0349X_4+0.1271X_6-0.0569X_{10}$ ($R^2=0.8050^*$)	0.31	0.20	0.33	0.07	0.13	0.32	0.12
9.	$R=1.8326-0.0371X_4+0.1269X_6-0.0367X_{11}$ ($R^2=0.7590^*$)	0.13	0.20	0.33	0.07	0.13	0.32	0.12
10.	$R=1.8653-0.0338X_4+0.1115X_7-0.0513X_{10}$ ($R^2=0.7714^*$)	0.52	0.20	0.33	0.07	0.13	0.32	0.12
11.	$R=3.0801-0.0343X_4+0.0914X_9-0.0588X_{10}$ ($R^2=0.7419^*$)	0.79	0.20	0.33	0.07	0.13	0.32	0.12

a. R 爲侵染速率，X_2爲20.1～24.0°C累積小時數，X_3爲24.1～28.0°C累積小時數，X_4爲28.1～32.0°C累積小時數，X_5爲最高溫，X_6爲最低溫，X_7爲平均溫，X_8爲平均最高溫，X_9爲平均最低溫，X_{10}爲平均相對濕度，X_{11}爲平均最高濕度，X_{12}爲平均最低濕度。

b. * 顯著，**極顯著。

a. R=Infection rate, X_2=Accumulative hours 20.1～24.0°C，X_3=Accumulative hours 24.1～28.0°C，X_4=Accumulative hours 28.1～32.0°C X_5=Highest temp.，X_6=Lowest temp.，X_7=Ave temp.，X_8=Ave. highest temp.，X_9=Ave. lowest temp.，X_{10}=Ave. RH，X_{11}=Ave. highest RH，X_{12}=Ave. lowest RH.

b. * Significant at 5% level, ** Significant at 1% level.

討論與結論

近年來本省玉米銹病的發生，已逐漸傾向於南方型銹病，此可能與推廣的品種有關，本省種植的臺農1號及臺農351號皆爲抗普通型而感南方型[2]。然而病害發生的主要因子爲氣象[4,5,7,17]。本報告顯示銹病的病勢進展通常爲呈開口向下之二次方曲線[6]，但若發病嚴重，病勢進展較快時則呈一次方直線。此與 Headrick 及 Pataky[10]之報告相同。一般在田間，若後期才感染者，則被害度較輕[9]。分析氣象因子和銹病發生之單相關時，春作玉米南方型銹病和發病前7天之溫度24.1～28.0°C相關最大，在秋作則和8～14天前之溫度20.1～24.0°C、24.1～28.0°C及28.1～32.0°C相關較大，其中仍以24.1～28.0°C相關最大，此應與夏胞子之發芽最適溫度在24.1及28.0°C有關[3]。Raid等[15]亦報告溫度可能是影響南方型銹病的因子。若分析病斑面積率增加及侵染速率與氣象因子之關係，則分別得到8及

11個方程式，這些方程式是從許多方程式中選出決定係數高而且達顯著或極顯著者，然後再將每期作不同地點發病高峰期之氣象因子代入得到預測值，再與病斑面積率增加及侵染速率之實際觀測值加以比較，由本結果得知這些方程式之實測值與預測值均甚接近，當然不可能一個方程式可以適用於所有的地方或所有的玉米品種。至目前爲止，在國內外尙未看到以氣象因子來預測玉米銹病者。預測係長期性的工作，雖然本報告經過兩年餘已可發展出預測病斑面積率增加及侵染速率之方程式，但將來繼續收集更多的資料來修改及驗證方程式是有其必要的。

參考文獻

1. 孫明賢、侯信雄、曾建銘 1976 臺灣玉米之銹病 植保會刊 18 (4) ：405。
2. 葉忠川 1984 玉米銹病判別品種與抗病篩選 中華農業研究 33：306-315。
3. 葉忠川 1986 玉米銹病研究 中華農業研究 35：81-93。
4. 蔡武雄、蘇鴻基 1984 水稻葉稻熱病預測（Ｉ）氣象變數與病斑數進展 植保會刊 26：171-180。
5. 蔡武雄、蘇鴻基 1986 水稻葉稻熱病預測（III）氣象變數與病斑面積之關係 植保會刊 28：111-117。
6. 蔡武雄、蔡淑珍 1990 玉米銹病病勢進展與氣象因子之關係 植保會刊 32：339（摘要）。
7. Eversmeyer, M. G., Burleigh, J. R. and Roelfs, A. P. 1973. Equations for predicting wheat stem rust development. Phytopathology 63：348-351.
8. Headrick, J. M. and Pataky, J. K. 1986. Effects of night temperature and mist period on infection of sweet corn by *Puccinia sorghi*. Plant Disease 70：950-953.
9. Headrick, J. M. and Pataky, J. K. 1987. Expression of partial resistance to common rust in sweet corn hybrids at various host growth stage. Phytopathology 77：454-458.
10. Headrick, J. M. and Pataky, J. K. 1988. Spatial and temporal development of common rust in susceptible and partially resistant sweet corn hybrids. Phytopathology 78：227-233.
11. Hou, H. H., Tseng, J. M. and Sun. M. H. 1978. Occurrence of corn rusts in Taiwan. Plant Dis. Reptr. 62：183-186.
12. Hollier, C. A. and King S. B. 1985. Effect of dew period and temperature on infection of seedling maize plants of *Puccinia polysora*. Plant Disease 69：219-220.
13. Krause, R. A. and Massie, L. B. 1975. Predictive systems：modern approaches to disease control. Ann. Rev. Phytopathol. 17：31-46.
14. Peterson, R. F., Cambell, A.B. and Hannah, A.E. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. Can. J. Res. Sect. C. 26：296-500.
15. Raid, R. N., Pennypacker, S. P. and Stevenson, R. E. 1988. Characterization of *Puccinia polysora* epidemics in Pennsylvania and Maryland. Phytopathology 78：579-585.
16. Vanderplank, J. E. 1963. Plant Disease：Epidemics and Control. Acad. Press, New York, 349pp.
17. Warren, H. L. 1975. Temperature effects on lesion development and sporulation after infection by races O and T of *Bipolaris maydis*. Phytopathology 65：623-626.
18. Zadoks, J. C. and Schein, R. D. 1979. Epidemiology and Plant Disease Management. Oxford Univ. 427 pp.

Occurrence of corn rust disease and meteorological factors[1]

W. H. Tsai[2]

Summary

Disease development of corn rust showed quadratic regression curve equations in general, but it showed linear equations when the disease was serious. By analyzing the single correlation of rust and meteorolgical factors, it indicated that the most important factors were tempetature 24.1～28.0°C and 28.1-32.0°C seven days before disease occurrence during spring crop, and 20.1-24.0°C、24.1-28.0°C、28.1-32.0°C 8-14 days before disease occurrence during fall crop. By analyzing the relationship between increasing infected leaf area percentage and meteorological factors, 8 equations were obtained, while 11 equations were obtained from the relationship between infection rate and meteorological factors. Those equations were derived from fall crop of 1990 at Chia-yi area.

The predicted values from those equations obtained were very close to the observed values, therefore, it is suggested that those equations might be used for predicting rust disease of corn.

Key words : corn rust, disease development, infected leaf area percentage, infection rate.

1. Contribution No. 1600 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported by grants from the National Science Council on the project number NSC 79-0409-B055-08 and NSC 80-0409-B055-07.
2. Senior Plant Pathologist, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.